

Sampsa Suojanen

PROCOL RMT -ala-aseman päivitys ja tiedonsiirtoprotokollan määrittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Automaatiotekniikka
Insinöörityö
31.5.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sampsa Suojanen PROCOL RMT -ala-aseman päivitys ja tiedonsiirtoprotokollan määrittäminen 35 31.5.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Lehtori Antti Liljaniemi Automaatioinsinööri Risto Nykänen
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella PROCOL RMT -ala-aseman kustannustehokas päivitys sekä määrittää toimiva tiedonsiirtoprotokolla ala-aseman ja kaukokäytön väliseen kommunikointiin. Projektiin kuului myös uuden logiikan ohjelman suunnittelu sekä ala-aseman uuden järjestelmän dokumenttien piirtäminen Kyndata CADS-ohjelmalla.</p> <p>Ala-asema ohjaa neljää venttiiliä, joilla hallinnoidaan veden virtausta Vantaan Energian kaukolämpöverkossa.</p> <p>Ala-aseman ohjaukseen valittiin S7-1200-logiikka ja sarjaliikenneprotokollaksi Modbus RTU. S7-1200-logiikan ohjelmointi suoritettiin STEP 7 Basic V.11 -ohjelmointityökalulla.</p> <p>Logiikkaohjelmiston ja järjestelmän testaus suoritetaan Vantaan Energian toimesta vuonna 2012 kesällä.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin ala-asemalle sopiva ja kustannustehokas ohjausjärjestelmä, tiedonsiirtoprotokolla sekä tarvittavat dokumentit.</p>	
Avainsanat	S7-1200, Modbus

Author Title Number of Pages Date	Sampsa Suojanen Updating a PROCOL RMT sub-station and determination of the data transfer protocol 35 31 st May 31, 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructors	Antti Liljaniemi, Lecturer Risto Nykänen, Automation Engineer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to cost-effectively update a PROCOL RMT sub-station and determine a suitable data transfer protocol between the sub-station and the remote control system. Also documents for the sub-station were created using Kyndata CADs.</p> <p>The sub-station controls four valves which are used to control the flow of water in Vantaa Energia's district heating network.</p> <p>The control logic to be used for the sub-station was decided to be S7-1200 PLC and the data transfer protocol Modbus RTU serial connection protocol. The programming of the S7-1200 logic was done with STEP7 Basic V.11 software.</p> <p>The testing of the PLC and the protocol will be done by Vantaan Energia, in summer of 2012.</p> <p>The result of this thesis was a suitable and cost-effective control system for the sub-station, a suitable serial connection protocol and documentation for the sub-station.</p>	
Avainsanat	S7-1200, Modbus

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia Oy	1
2.1	Historia	2
2.2	Sähkön ja kaukolämmön tuotanto	2
2.3	Ala-asemat ja kaukolämmön siirto	3
2.4	Kaukokäyttö ja viestiverkko	4
3	Tiedonsiirtoprotokollan määrittäminen	5
3.1	IP:hen pohjautuvat ratkaisut	5
3.2	IEC60870-5-101	6
3.3	Modbus	6
4	Ohjelmoitava logiikka	8
4.1	Siemensin tuoteperhe	8
4.2	S7-300	8
4.2	S7-1200	10
5	PROCOL RMT ala-asema	12
5.1	Toimintaperiaate	12
5.2	Viestikaapelien kunnon tarkistaminen	13
5.3	Uudelle järjestelmälle asetetut vaatimukset	13
5.4	Logiikan valinta	14
5.5	Järjestelmän komponentit ja liitynnät	15
6	Logiikkaohjelma	21
6.1	STEP 7 Basic V.11 ja TIA-portaali	21
6.2	Hardwaren luominen	21
6.3	Logiikkaohjelman luominen	23
6.3	Modbus RTU-toimilohkot ja parametointi	25
7	Yhteenveto	28
	Liitteet	30
	Lähteet	34

Sanasto

AI	Analog Input, analoginen sisääntulo
CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö
DB	Data Block, Tiedostoyksikkö
DI	Digital Input, digitaalinen tulo
DO	Digital Output, digitaalinen lähtö
Dongle	Sovitin
FB	Function Block, toimintalohko
FC	Function, funktio
IP	Internet protocol, internet protokolla
Kb	kilobitti
mA	milliampeeri
Master	Isäntälaitte
MB	Megabitti
OB	Organization Block, pääohjelmalohko
PLC	Programmable Logic Controller, Ohjelmoitava logiikka
Slave	Orjalaite
VDC	Tasajännite
VE	Vantaan Energia

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella yksityiskohtaisesti Vantaan Energia Oy:n yhden vanhentuneen PROCOL RMT -ala-aseman uusinta, käyttäen Siemensin S7-sarjan logiikoita, sekä määrittää ala-aseman ja kaukokäytön väliseen kommunikointiin sopiva tiedonsiirtoprotokolla. Työssä toteutettiin myös Vantaan Energian viestiverkon testaus kaukokäytön ja uusittavan ala-aseman välillä sekä piirrettiin CADS-ohjelmistolla tarvittavat dokumentit logiikan asentamisesta.

Opinnäytetyö toimii pohjana Vantaan Energian projektille, jossa uusitaan kaikki Vantaan Energian tekniikaltaan vanhentuneet ala-asemat. Ala-asemien uusiminen on tullut ajankohtaiseksi, koska niitä ei enää vikaantuessa ole mahdollista korjata varaosien puutteen vuoksi. Varaosia vanhoihin PROCOL:n logiikoihin ei enää valmisteta, ja vikatilanteissa ne piti lähettää huoltoon.

Opinnäytetyössä tutkitaan tarkemmin Siemensin S7-1200- ja S7-300-logiikoiden soveltuvuutta pienten ala-asemien ohjausratkaisuksi sekä punnitaan erilaisten kokoonpanojen tarpeellisuutta sekä kustannustehokkuutta. Tiedonsiirtoprotokollan määrittäminen rajattiin Vantaan Energialle mieleisiin vaihtoehtoihin, kustannustehokkuutta korostaen.

2 Vantaan Energia Oy

Vantaan Energia Oy on yksi Suomen suurimmista kaupunkien omistuksessa olevista energiayhtiöistä. Vantaan Energiasta omistaa Vantaan kaupunki 60 % ja Helsingin kaupunki 40 %.[1]

Vantaan Energian tuottaa ja myy sähköä ja kaukolämpöä sekä vastaa kaukolämpöverkostojen rakentamisesta ja huollosta Vantaalla. Vantaan Energia myös tarjoaa maakaasua teollisuuden tarpeisiin.[1]

2.1 Historia

Vantaan Energia perustettiin Malmin Sähkölaitos Oy -nimisenä vuonna 1910, ja vuonna 1919 yhtiön pääkonttori siirtyi Helsingin Sörnäisistä Helsingin pitäjän Malmille. Vuonna 1946 suuressa alueliitossa yksi kolmasosa Helsingin maakunnasta siirrettiin Helsingin kaupunkiin, jolloin Malmin Sähkölaitos menetti puolet asiakkaistaan Helsingin Sähkölaitokselle. Vuonna 1960 Malmin Sähkölaitos kunnallistettiin myymällä 2/3 sen osakkeista Helsingin maalaiskunnalle ja 1/3 Espoon kauppalalle. Tämän jälkeen Malmin Sähkölaitoksen nimi vaihtui Helsingin Ympäristön Sähkölaitos Oy:ksi, joka aloitti pian kaukolämpötoimintansa. Vuonna 1970 yhtiö siirtyi kokonaan Helsingin maalaiskunnan omistukseen. Helsingin maalaiskunnan nimi vaihtui Vantaan kauppalaksi vuonna 1973, ja samalla vaihtui yhtiön nimi uuden verkkoalueen mukaan Vantaan Sähkölaitos Oy:ksi. Vantaan Sähkölaitos otti ensimmäisenä energialaitoksena pääkaupunkiseudulla käyttöönsä maakaasun vuonna 1986. Yhtiön toiminnan laajetessa päätettiin vuonna 1996 muuttaa imago kilpailukykyisemmäksi, ja niinpä Vantaan Sähkölaitos Oy vaihtoi nimensä Vantaan Energia Oy:ksi ja otti käyttöön nykyisen logonsa. [2,3]

2.2 Sähkön ja kaukolämmön tuotanto

Vantaan Energia tuottaa suurimman osan sähkö- ja kaukolämpötuotannostaan yhteistuotantona Martinlaakson voimalaitoksella. Yhteistuotannolla saadaan hyödynnettyä parhaimmillaan 90 % käytetystä polttoaineen sisältämästä energiasta.

Kaukolämmön yhteistuotannolla hyödynnetään muuten hukkaan menevää lämpöenergiaa, jota syntyy mm. sähkötuotannon yhteydessä. Tämä tekee kaukolämmöstä hyvin energiatehokasta ja ympäristömyönteistä. [7]

Martinlaakson voimalaitos koostuu kolmesta yksiköstä jotka tuottavat suurimman osan VE:n sähkö- ja kaukolämpötuotannosta. Voimalaitoksen sähköntuotantoteho on 195 MW, kaukolämpöteho on 330 MW; lisäksi vesikattilalaitos tuottaa kaukolämpötehoa 60 MW. Voimalaitoksen lisäksi kaukolämpöä tuotetaan ympäri Vantaata sijaitsevilla lämpökeskuksilla. Voimalaitos johtaa tuottamansa kaukolämmön suurimman osan Vantaata kattavaan kaukolämpöverkkoon.[4]

Kaukolämpöverkot on jaettu Vantaan eri kaupunginosien mukaisesti. Eri kaupunginosten kaukolämpöverkot on yhdistetty toisiinsa siirtojohdoilla, joista suurin on Martinlaakson ja Tikkurilan välinen putkijohto. Vantaan alueella sijaitsevien kaukolämpöputkien kokonaispituus on noin 484 kilometriä.[4]

2.3 Ala-asetat ja kaukolämmön siirto

Vantaan Energia tuottaa kaukolämpönsä sähkön ja lämmön yhteistuotannolla Martinlaakson voimalaitoksessa sekä lämpökeskuksissa eri puolilla Vantaata. Voimalaitoksella ja lämpökeskuksilla tuotettu kaukolämpö johdetaan lämmitettynä vetenä kaukolämpöverkkoon, missä se kulkee VE:n asiakkaille.

Kaukolämpöverkossa virtaavan veden lämpötila vaihtelee välillä 40–115 °C. Asiakkaille virtaava menovesi on säästä ja vuodenajasta riippuen 60–115 °C, kun taas asiakkailta virtaava tulovesi on 40–60 °C. Kesäisin ja lämpiminä aikoina kaukolämpöverkon veden lämpötila on alhaisempi, koska lämmityksen tarve ei ole niin suuri. Kaukolämpöverkko koostuu kaksiputkisesta järjestelmästä, missä toinen putki on lämpimämmälle menovedelle ja toinen viileämmälle tulovedelle. Tulovesi johdetaan takaisin voimalaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. [6]

Kaukolämpöverkossa virtaavaa vettä ohjataan venttiileillä, jotka yleensä sijaitsevat pumppaamoiden, lämpökeskusten tai ala-asemien läheisyydessä. Ala-asetat, kuten myös pumppaamot ja lämpökeskukset, ovat yhteydessä kaukokäyttöjärjestelmään, jolla hallinnoidaan kaukolämpöverkon venttiileitä ja saadaan arvokasta tietoa verkon kunnosta ja toiminnasta. Ala-asetilla on PLC, joka ohjaa kunkin ala-asetan hallinnoimia venttiileitä ja välittää paine-, lämpö- ja muut mittaukset kaukokäyttöjärjestelmään. Kaukokäyttöjärjestelmää hallinnoidaan valvomoista, joissa operaattorit suorittavat kaukolämpöverkon valvontaa ja huolehtivat sen toimivuudesta.

2.4 Kaukokäyttö ja viestiverkko

Kaukolämpöverkon yhteydessä kulkee viestiverkko jossa liikkuu Vantaan Energian kaukokäyttöjärjestelmän tietoliikenne. Viestiverkko koostuu puolestaan reitittimistä ja viestikaapeleista. Yksi viestikaapeli sisältää kymmenen paria kuparikaapeleita, jotka on värikoodattu tunnistettaviksi. Viestikaapelit kulkevat suurimmaksi osaksi kaukolämpöputkien vierellä. Kaikki ala-asemat, lämpökeskukset ja pumppaamot on liitetty tähän viestiverkkoon.

Vantaan Energian lämpökeskukset, ala-asemat ja pumppaamot ovat miehittämättömiä ja suurimmaksi osaksi automatisoituja. Näiden valvonta ja kontrollointi tapahtuu kaukokäyttönä, joka tarkoittaa tässä tapauksessa valvomosta käsin operointia.

3 Tiedonsiirtoprotokollan määrittäminen

Tiedonsiirtoprotokollat ovat yhteyskäytäntöjä eli erilaisia tapoja välittää sähköistä tietoa eri laitteiden välillä. Protokollat ovat yleensä standardoituja, millä varmistutaan protokollan yhteensopivuudesta sille tarkoitettuun sovellukseen. Standardointi helpottaa protokollan valintaa ja käyttöä siten, että standardissa kerrotaan protokollan tarkat käyttövaatimukset ja toimintaperiaate.

Protokollan vaatimuksia mietittiin useaan otteeseen ja päädyttiin siihen, että sen piti toimia jo ennestään käytössä olevien komponenttien kanssa ja sen pitää olla yhteensopiva valokuituyhteyksien kanssa, sillä Vantaan Energia päivittää viestiverkkoaan valokuituun tulevaisuudessa. Tulevan protokollan pitää myös tukea multidrop-yhteyksimuotoa, sillä viestikaapeliin rajallinen määrä vaatii niiden mahdollisimman tehokasta käyttöä. Protokollan käyttöönoton tuli olla kustannustehokas ja sen piti olla erittäin tietoturvallinen. Päädyttiin tutkimaan tarkemmin IP:hen pohjautuvia protokollia, IEC60870-5-101-protokollaa ja Modbus RTU-protokollaa.

3.1 IP:hen pohjautuvat ratkaisut

IP:hen pohjautuvassa ratkaisussa ala-aseman logiikalle tulisi oma IP-osoite, joka liitetäisiin Vantaan Energian verkkoon siinä missä kaikki muutkin laitteet. Tämä toteutettaisiin siten että ala-asemalle hankittaisiin uusi NFE4-laite, jota käytettäisiin tässä tapauksessa sarjaliikennekeskittimenä. NFE4-laite olisi taas yhteydessä suoraan kaukokäytön valvomoon Vantaan Energian IP-verkon kautta. NFE4-laite on Netcontrollin IP-sarjaporttipalvelin millä siirretään RS232-sarjaportteja IP-verkon yli.[11]

IP-protokollan käyttö oli miellyttävää siinä mielessä, että se mahdollistaisi ala-aseman etäohjelmoinnin. Ala-aseman logiikan ohjelmakoodiin pääsisi siis käsiksi mistä tahansa Vantaan Energian IP-verkossa. Tietoturvalisesta näkökulmasta IP:hen pohjautuvat protokollat ovat epämiellyttäviä, koska ulkopuolisen on mahdollista päästä käsiksi ala-aseman kommunikointiin, jos hän pääsee VE:n verkkoon. Tämän ehkäisemiseksi vaadittaisiin lisäinvestointeja, että saataisiin tietoturvaso luotettavaksi. Nousevan tietoturvariskin ja kustannustehokkuuden takia tämän tyyppiset protokollat eivät ole niin mielekkäitä ratkaisuja tähän kyseiseen projektiin.

3.2 IEC60870-5-101

IEC 60870-5-101, tunnetaan myös nimellä IEC101, on TC57-komitean kehittämä standardi, joka kuuluu IEC 60870-5-perheeseen. IEC101-protokolla on suunniteltu käytettäväksi käytönvalvonnassa sarjaliikennekommunikaatioon. Protokollan osat mahdollistavat myös ala-asemakommunikaation. OSI-mallin fyysisellä kerroksella protokolla tarjoaa yhteensopivuuden RS232- ja RS485- sekä valokuituyhteyksien kanssa.

Protokolla mahdollistaa kaksi tiedonsiirtoproseduuria kaukokäytön ja ala-aseman välille, balansoidun ja balansoimattoman. Balansoimattomassa tiedonsiirrossa isäntälaitte hoitaa kaikki kyselyt ja orjalaitteet vastaavat. Balansoidussa vaihtoehdossa isäntälaitte tai orjalaitte voi aloittaa keskustelun. Vantaan Energian järjestelmän kanssa yhteensopivuus edellyttää balansoimatonta tiedonsiirtovaihtoehtoa. Protokolla on yhteensopiva VE:n nykyisen multidrop-yhteysmuodon kanssa, kun käytetään V.21 kantataajuusmoodia. [10]

3.3 Modbus

Modbus on Modiconin kehittämä avoin ja lisenssimaksuton tiedonsiirtoprotokolla, joka oli alkuperäisesti suunniteltu käytettäväksi Modiconin omien ohjelmoitavien logiikoiden kanssa. Modbus on isäntälaitteen ja orjalaitteen välistä kommunikointia hallinnoiva protokolla.

Modbus RTU on sarjaliikenne protokolla mikä on suunniteltu yksinkertaisiin prosesseihin, missä liikkuvan tiedon määrä ei ole suurta. Protokolla on itse asiassa muistialuesiirtoa, missä isäntälaitte lukee ja/tai kirjoittaa orjalaitteessa konfiguroituun muistialueeseen tai datalohkoon (DB). S7-1200-tapauksessa muistialue konfiguroidaan ohjelmakoodissa Modbus-toimilohkoihin.

Modbus RTU -väylällä voi olla yhden isäntälaitteen lisäksi 247 orjalaitetta, joista jokaisella on yksilöllinen osoite. Osoitteet ovat väliltä 1-247, koska osoite 0 on varattu lähetysosoitteeksi. Väylä toimii "isäntä kysyy ja orjat vastaa" -periaatteella, eli orjalaitteet

eivät voi aloittaa keskustelua vaan isäntälaitteen pitää aloittaa. Isäntälaitte voi lähettää pyynnön orjalaitteelle yksi kerrallaan tai kaikille samaan aikaan. Pyyntöä jälkeen isäntälaitte odottaa konfiguroidun vastausajan verran. Modbus RTU -protokollassa isäntälaitteen lähettämään viestiin sisältyy orjalaitteen osoitteen, funktiokoodin, siirrettävän datan sekä CRC-tarkistussumman. Orjalaitteen toteutettua käskyn se lähettää vastauksen, jossa on muuten sama sisältö, paitsi siirrettävä data on vaihdettu.[13,14]

Protokolla valittiin projektissa käytettäväksi, koska Vantaan Energialla oli jo ennestään protokolla käytössä muutamissa kohteissa ja sieltä löytyi jo osaamista kyseisestä protokollasta. Valintaan vaikutti myös se, että NFE-laitteesta löytyi jo asennettuna Modbus-protokolla, joten sitä ei tarvinnut siihen erikseen hankkia eikä protokollan käyttö aiheuta muitakaan lisäkustannuksia. Tietoturvallisuus toimi myös ratkaisevana tekijänä, sillä viestikaapelissa kulkeva Modbus RTU -sarjaliikenneviesti on lähes mahdoton ulkopuolisen henkilön vaarantaa.

4 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavat logiikat eli PLC:t saivat alkunsa 1970-luvulla Yhdysvaltojen autoteollisuudessa. Tärkein syy ohjelmoitavien logiikoiden kehitykselle oli releohjauksien hitaus, ja suurissa järjestelmissä ne olivat turhankin monimutkaisia. Ohjelmoitavat logiikat ovat tavallaan pieniä tietokoneita, sillä ne sisältävät mikroprosessorin ja elektronisia piirejä.[21]

Yksinkertaiset ohjelmoitavat logiikat ovat pieniä ja sisältävät vain muutamia tuloja ja lähtöjä. Toimiakseen ne tarvitsevat oikeastaan vain verkkojännitteen. Suuremmilla ja monimutkaisemmilla PLC-järjestelmillä ohjataan usein kokonaisia teollisuusyksiköitä, ja nämä voivat koostua useista logiikoista, tulo- ja lähtökorteista ja tasajännitelähteistä.[15]

Ohjelmoitavat logiikat ovat nimensä mukaisesti ohjelmoitavia. Logiikka itsessään ei vielä tee mitään, ennen kuin se on ohjelmoitu suorittamaan erilaisia ohjauksia siihen kytketyille tuloille ja lähdöille. Ohjelmointi tapahtuu yleensä ohjelmointityökalulla PC:tä käyttäen.

4.1 Siemensin tuoteperhe

Siemensin logiikat on suunniteltu siten, että niillä voidaan suorittaa mikä tahansa teollisuuden automatisointiprojekti. Kaikkiin tarkoituksiin löytyy sopiva ohjain. Logo! on pienin ja yksinkertainen, kun taas S7-400 on suurin ja tehokkain. Näiden logiikkaperheiden välistä löytyvät vielä S7-1200- ja S7-300-järjestelmät.

4.2 S7-300

S7-300-sarjan ohjelmoitava logiikka on ehkä Siemensin tunnetuin tuote. Sillä voidaan toteuttaa laaja kirjo erilaisia ohjauksia, kuten muun muassa prosessi- ja kappaletavara-teollisuuden ohjauksia sekä yksittäisten koneiden ohjauksia. S7-300-tuoteperhe on jaettu neljään ryhmään, jotka ovat eri käyttötarkoituksiin tarkoitettuja malleja, mutta näiden pohjana ovat silti tavalliset S7-300-keskussyksiköt. [21]

Kompaktit keskusyksiköt ovat malleja, joihin keskusyksikön yhteyteen on integroitu tulo- ja lähtöpiirejä. Kompakteja keskusyksiköitä on eri malleja, jotka on räätälöity eri käyttötarkoitusten mukaisesti ja joissa on eri määrät digitaalisia ja/tai analogisia tulo- ja lähtöpiirejä. Mallit sisältävät myös sisäänrakennettuja funktioita paikoitukseen, taajuuden mittaamiseen ja erilaisten pulssimuotojen luomiseen. [21]

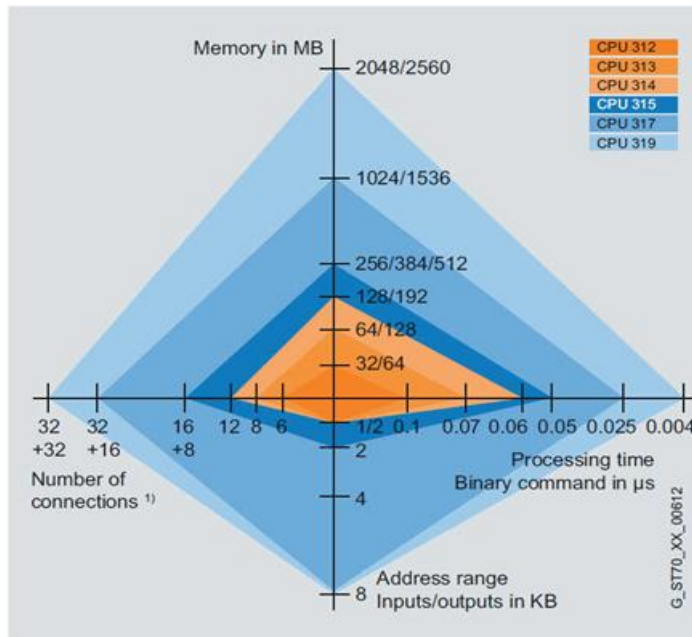
Kohteisiin, joissa pitää erityisesti kiinnittää huomiota koneturvallisuuden viranomaismääräyksiin, voidaan käyttää turvateknisiä keskusyksiköitä. Turvatekniset keskusyksiköt yhdistävät kaksi erillistä järjestelmää: erillisen turvalogiikan tai turvareleet sekä laitetta normaalitilanteissa ohjaavan logiikan. Logiikassa toimii kaksi erillistä ohjelmaa, turvaohjelma ja tavallinen ohjelma. Turvaohjauksissa käytetään lisäksi turvatekniikkaa tukevia lähtö- ja tulomoduuleita, joita voidaan käyttää joko keskusyksikön yhteydessä tai kenttäväylän takana hajautettuna I/O:na. [21]

Liikenneohjauksiin erikoistuneita teknologia keskusyksiköitä voidaan käyttää kohteissa, joissa tarvitaan erityisen nopeita ohjauksia. Teknologia-CPU:t sisältävät monipuoliset funktiokomennot ja niistä löytyy myös malli, johon on yhdistetty turvatoiminnot. [21]

S7-300-tekniikkaa löytyy myös hajautettujen I/O-asemien väyläliityntäyksiköiden integroiduissa keskusyksiköissä, jotka perustuvat S7-314- ja S7-315-malleihin. [21]

S7-300-tuoteperheen logiikoihin saa laajan kirjon eritehoisia ja -kokoisia keskusyksiköitä (kuva 1). Keskusyksiköiden valinnassa pitää tarkasti kartoittaa projektin vaatimukset ennen keskusyksikön valintaa. Keskusyksiköiden hinnat kasvavat tehon ja muistinmäärän mukaisesti, joten kustannustehokkuuden kannalta kannattaa valita aina juuri sopiva keskusyksikkö. [21]

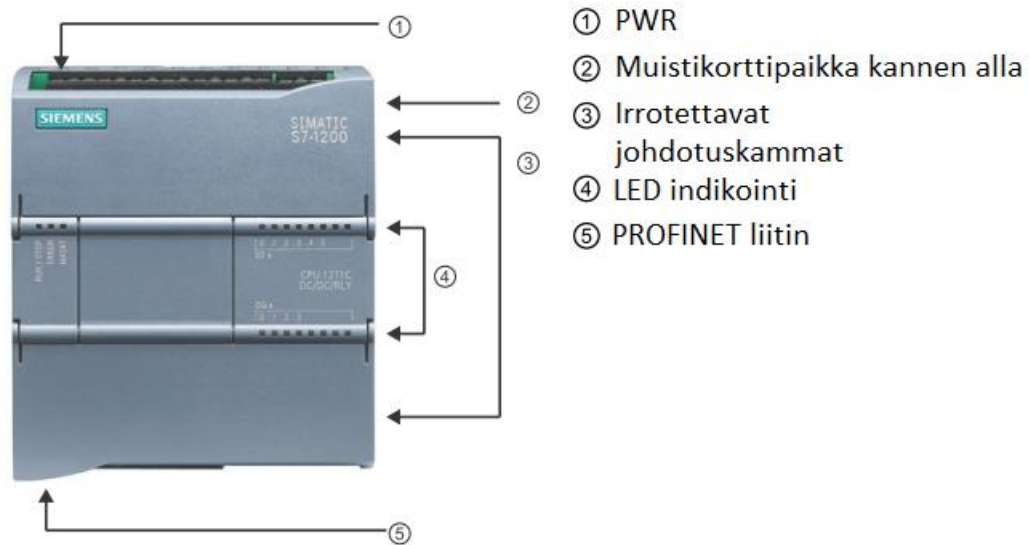
Ohjainyksiköiden sarjaliikennekortista mikään ei sisällä Modbus-ajureita, joten niitä varten pitää hankkia myös Modbus dongle. Dongle asennetaan sarjaliikennekortin taakse, ja se mahdollistaa ajurien asentamisen. Ilman donglea ei voi käyttää Modbus-protokollaa S7-300-tuoteperheen sarjaliikenneprotokollana.



Kuva 1. S7-300-keskusyksiköt

4.2 S7-1200

Simatic S7-1200 on Siemensin logiikkaperheen uusi tulokas. S7-1200-laitteisto on kehitetty taipumaan myös suurempiin teollisuuden ratkaisuihin, ja siinä on kiinnitetty erityisesti huomiota uusiin ja epätavallisiin sovelluksiin. S7-1200 CPU (kuva 2) on modulaarinen logiikka, mikä edesauttaa sopivan kokoonpanon löytämisessä, sillä kokoonpanon voi itse päättää. S7-1200-keskusyksiköihin on integroitu valmiiksi, mallista riippuen, eri määriä lähtö- ja tulopiirejä. Tämä tekee logiikasta hyvin kustannustehokkaan ratkaisun pienille prosesseille. Logiikan ohjelmointityökalu on päivitetty uuteen STEP 7 Basic V11 –ohjelmistoon, jossa on valmiiksi monien protokollan käyttöönottoon tarvittavia ohjelmakomponentteja. S7-1200 on hinnaltaan edullisempi ohjausratkaisu kuin räätälöidyt mikroprosessoripohjaiset ohjausratkaisut. [22,23]



Kuva 2. S7-1200-logiikka

S7-1200-järjestelmän sarjaliikennekortit eivät tarvitse ulkopuolista hardware donglea Modbus RTU-protokollan käyttöönottoon. S7-1200-järjestelmä sisältää jo kyseiset ajurit sekä laajasta ohjelmakirjastosta löytyy jo valmiiksi myös Modbus RTU -toimilohkot. Ohjelmointityökalussa on esiteltynä esimerkkiohjelmat erilaisille Modbus RTU -ratkaisuille. [22,23]

S7-1200-tuoteperheen keskusyksiköt taipuvat lähes samoihin ohjauskokonaisuuksiin kuin S7-300-logiikat. S7-1200 on vasta markkinoille tullut ja sen kehitys on edelleen käynnissä. Keskusyksiköille ladattava ohjelmisto, poiketen S7-300-logiikoista, ladataan sinne kokonaisuutena, eli se sisältää myös kommentit ja muistiinpanot. S7-1200 -keskusyksiköitä ei vielä ole kuin kolme, mutta niistä tehokkaimmalla CPU 1214C (kuva 4) pystytään suoriutumaan jo kohtuullisen suurista kokonaisuuksista ja niitä kehitetään koko ajan eteenpäin. [22,23]

5 PROCOL RMT ala-asema

PROCOL RMT -ala-asema toimitettiin Vantaan Energialle 1980-luvun alkupuolella ja se kuului SLOCON Oy:n sen aikaiseen PROCOL240-järjestelmään. PROCOL240-järjestelmä toimii ns. älykkään verkon periaatteella. Ala-asemat sekä keskusohjaimet toimivat itsenäisesti yksikköinä, jotka suorittavat prosessitiedon siirtoa vain, kun valvottavassa prosessissa tapahtuu muutos.[24]

Ala-asema on fyysiseltä sijainniltaan hyvin lähellä Martinlaakson voimalaitosta, vain noin 500 m päässä. Ala-asema on lämmittämätön, ja sen runko on metallia mutta ulkokuori lasikuitua, mikä tekee siitä huonon suojan lämpötilanvaihteluille sekä kosteudelle.

5.1 Toimintaperiaate

PROCOL RMT -ala-aseman avulla suoritetaan järjestelmän prosessiin liityntä. PROCOL RMT -ala-asema on pienoisa-asema, jonka toimintaa ohjaa mikroprosessori. Ala-asema ohjaa venttileitä pulssimaisilla ohjauksilla. Pulssimaiset ohjaukset generoidaan ohjausreleen kelajännitteellä ohjelmallisesti. Ala-aseman ohjauksien toimintaa ei voi kaukokäytöstä keskeyttää, kun ohjaus on aloitettu. [24]

Tiedonsiirto ala-aseman ja valvomon välillä suoritettiin asynkronisella sarjaliikenneprotokollalla. Protokollan sanoma koostui kahdesta osasta, otsikko- ja tieto-osasta. Molemmat sanoman osat päättyivät omaan pitkäikäispariteettitavuun. Tiedonsiirron nopeudeksi voitiin valita 50, 200 tai 600 baudia. [24]

Otsikko-osassa ilmoitetaan sanomatyypin, vastaanottajan osoite, tieto-osan pituus ja kontrollimerkit. Kontrollimerkkejä käytettiin ilmaisemaan sanomavirheitä, jännitekatkoksia ja sitä, onko ala-asemalla lisää sanomia odottamassa. Tieto-osan pituus on 0-15 tavua, joista ensimmäisessä datatavussa on funktiokoodi. Funktiokoodin perusteella tunnistetaan tietotyypit ja suoritetaan ohjelmistossa käsittelyjen valinnat. [24]

5.2 Viestikaapelien kunnon tarkistaminen

Viestikaapeli on ala-aseman fyysinen yhteys pumppaamolla sijaitsevaan NFE-laitteeseen, joka toimii projektissa Modbus-isäntälaitteena. Vantaan Energialla käytetty viestikaapelityyppi on pääasiassa VMOPU 20x2x0,5, mikä on suurimmaksi osaksi kaivettu maahan kulkemaan kaukolämpöverkon vierellä. Vapaista viestikaapelipareista valittiin 3 paria, joiden toimivuus piti varmistaa. Viestikaapelipareiksi valittiin parit 8, 9 ja 10. Vapaita viestikaapelipareja tarvitaan kaksi, sillä tulevaisuudessa ala-aseman kanssa samoihin kaapeleihin kytketään lisää ala-asemia. Monen ala-aseman ketjuttamista samoihin viestikaapeleihin kutsutaan multidropiksi. Tällä tavalla pyritään maksimoimaan hyöty rajallisesta määrästä viestikaapeleita.

Testaus oli kaksivaiheinen, mistä ensimmäisessä vaiheessa kukin kaapelipari laitettiin oikosulkulenkkiin ala-aseman päädyssä. Pumppaamon päädyssä kaapelipareihin kytkettiin kaapelitutka, jolla lähetettiin kaapeliin sähköinen pulssi minkä takaisinheijastuksesta pääteltiin viestikaapelin pituus oikosulkulenkkiin asti. Todettiin, että oikosulussa oleva kohta on sama, minkä olimme ala-asemalle asettaneet, joten varmistuimme viestikaapelin olevan ehjä ala-asemalle asti.

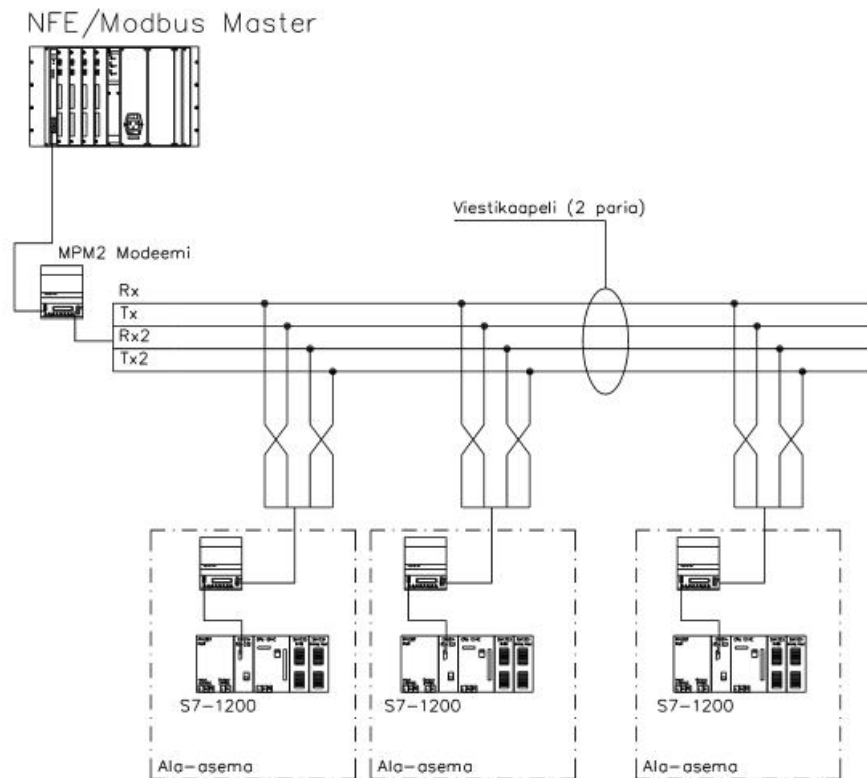
Testauksen toisessa vaiheessa testattiin kaapelin eristevastus siihen tarkoitetulla laitteella. Laite kuormitti kaapelia suurella jännitteellä, ja koska läpilyöntiä ei tapahtunut, voitiin todeta, että kaapelin eristevastus oli tarvittavan hyvässä kunnossa.

5.3 Uudelle järjestelmälle asetetut vaatimukset

Uutta järjestelmää suunniteltaessa tuli ottaa huomioon kustannustehokkuus, viestikaapelien rajallinen määrä, ala-aseman olosuhteet, ala-aseman toiminta, input/output-lukumäärät, uuden laitteiston luotettavuus ja protokollan yhteensopivuus VE:n muun laitteiston kanssa. Lisäksi järjestelmän tuli taipua myös ala-aseman toiminnan laajenemiseen.

Viestikaapelien rajallinen määrään ratkaisuksi päätettiin multidrop-yhteystapa. Vaikka tämä tapa varaa kaksi paria viestikaapeleita, niin multidropilla voidaan liittää useita ala-

asemia samoihin viestikaapelipareihin, (kuva 3) käyttäen tähän sopivia kantataajuusmodeemeja. Pisteestä pisteeseen-tapa vaatii yhden viestikaapeliparin jokaista alasemaa kohden. Kantataajuusmodeemeiksi valittiin Netcon MPM2-modeemit, jotka on suunniteltu nimenomaan tähän tarkoitukseen eli käytettäväksi kaukokäytön viestiverkoissa ja nelijohdinyhteyksille.



Kuva 3. Multidrop periaate

Koska ala-asemalla ei ole lämmitystä, uuden järjestelmän piti kestää lämpötilanvaihte-
luita ja kosteutta. Siemensin tuotevalikoimasta olisi löytynyt logiikkaversiot myös ulko-
käyttöön, joiden operointilämpötila olisi ollut $-40 - +60\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta ne olisivat nostaneet
projektin kustannuksia. Kustannustehokkain vaihtoehto oli suojata logiikka ja modeemit
suojakotelolla sekä asentaa erillinen lämpövastus huolehtimaan lämmityksestä. Lämpö-
vastuksessa on oma termostaatti, joka kytkee lämmityksen päälle kun, lämpötila tippuu
liian alhaiseksi.

5.4 Logiikan valinta

Koska Vantaan Energia halusi nimenomaan Siemensin tuoteperheen logiikan, valittiin logiikaksi ensin Siemensin S7-300, mutta myöhemmin valinta muutettiin S7-1200 -logiikkaan tämän osoittautuessa sopivammaksi ja kustannustehokkaammaksi vaihtoehdoksi. Päätös pysyä Siemensin tuoteperheen logiikoissa perusteltiin sillä, että ongelmia oli jo ennestään ilmennyt liikaa vaihtelevan kaluston kanssa eikä jo valmiiksi kirjavaa kalustoa haluttu kasvattaa täysin tuntemattomalla logiikkavalinnalla. Viimeiseksi logiikkavalinnaksi muodostunut S7-1200 perusteltiin kustannuksilla. S7-1200 -järjestelmän hinta muodostui huomattavasti halvemmaksi kuin S7-300-järjestelmä.

S7-300-järjestelmän kustannukset olivat S7-1200-järjestelmää huomattavasti korkeammat. Kustannuksia nostivat kalliimpi CPU, kalliimmat I/O-kortit, sarjaliikennekortti sekä Modbus RTU dongle, jota ei S7-1200-logiikalle tarvita. S7-300-logiikan sarjaliikennekortti vaatii kortin taakse asennettavan hardware donglen, että siihen voidaan asentaa protokollan tarvitsemat ajurit.

S7-1200-järjestelmän keskusyksikköä valittaessa päädyttiin CPU 1214C -malliin, koska tämä oli senhetkisistä malleista tehokkain. Tehokkaimman valintaa perusteltiin sillä, että koska Vantaan Energia uusii kaikki ala-asemansa, haluttiin kokoonpano, jota voidaan suoraan monistaa muihin ala-asemiin. Tämä aiheuttaa sen, että joillain ala-asemilla keskusyksikkö voi olla hieman liian tehokas mutta suurimmalle osalle se on juuri sopiva. Koska S7-1200 on modulaarinen järjestelmä, voidaan tapauskohtaisesti katsoa sopiva I/O-korttien lukumäärä, mikä säästää kustannuksissa.

5.5 Järjestelmän komponentit ja liitynnät

Siemens S7-1200 on modulaarinen ohjelmoitava logiikka johon valittiin CPU 1214C, digitaalinen tulo/lähtökortti SM 1223, sarjaliikennekortti CM 1241 RS232, analoginen tulokortti SM 1231 ja virtalähteeksi PM 1207. Lisäksi järjestelmään kuuluu Netcon MPM2 kantataajuusmodeemi ja kaksi Netcon OVP ylijännitesuojaa (liite 1).



Kuva 4. S7-1200 CPU 1214C

CPU 1214C (kuva 4) oli valintahetkellä tehokkain valittavista S7-1200-logiikoiden keskusyksiköistä. Valittaessa tehokkain haluttiin varmistua siitä, että mahdollisesti laajentuva ala-asema voisi säilyttää logiikkakokoonpanonsa ja jaksaisi ajaa mahdollisesti laajentunutta ohjelmistokoodia. Keskusyksikkö pystyy suoriutumaan 0-55 °C lämpötiloista ollessaan käynnissä. Ottaen huomioon ala-aseman lämpötilaan vaikuttavat sääolosuhteet jouduttiin ala-asemalle suunnittelemaan myös lämmitys. Keskusyksikkö sisältää valmiiksi 14 digitaalista tuloa, 10 digitaalista lähtöä ja 2 analogista tuloa. Keskusyksikössä on integroitua työstömuistia 50 kb, jota määrää ei ole mahdollista kasvattaa. Työstömuisti ei ole pysyvää muistia eli muisti tyhjenee virran katketessa. Keskusyksikkö käyttää työstömuistia logiikkaohjelmassa tapahtuvien laskujen ja operaatioiden toteuttamisessa väliaikaisena muistina. Keskusyksikön sisältämää latausmuistia on 2 MB, jota on mahdollista kasvattaa 24 MB:hen käyttäen Simatic-muistikorttia, mitä käytetään hardware-asetusten ja logiikkaohjelman toimilohkojen tallentamiseen. Kaikki logiikan ohjelmisto, mukaan lukien kommentit, on tallennettu latausmuistiin.[16,23]



Kuva 5. digitaalinen I/O kortti SM 1223 16DI/16DO

Digitaalinen I/O-kortti SM 1223 (kuva 5) sisältää 16 kpl 24 VDC digitaalista tuloa ja lähtöä, joilla suoritetaan digitaaliset ohjaukset logiikalta ja logiikalle. Kortin operatiivinen lämpötila on sama kuin keskusyksiköllä eli 0-55 °C. Digitaalikortti tarvitsee toimiakseen jatkuvan 24 VDC jännitesyötön, jonka se saa keskusyksiköltä.[17]



Kuva 6. Analogia tulokortti SM 1231 8AI

Analoginen tulo kortti SM 1231 (kuva 6) sisältää kahdeksan analogista tuloa, jotka toimivat $\pm 10\text{ V}$, $\pm 5\text{ V}$ ja $\pm 2.5\text{ V}$ sisääntulojännitteillä sekä $0\text{--}20\text{ mA}$ sisääntulovirralla. Kortti saa toimiakseen 24 VDC jännitteen keskusyksiköltä. Kortin operatiivinen lämpötila on $0\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$. [18]



Kuva 7. Sarjaliikenne kortti SM 1241 RS232C

Sarjaliikennekortti SM 1241 (kuva 7) on logiikan yhteys kaukokäyttöön ja Modbus-masteriin. Kortti liitetään keskusyksikön kylkeen, sen vasemmalle puolelle. Tietoliikenneporttina toimii RS232C, joka on suhteellisen luotettava ja yksinkertainen ratkaisu. Portista liikkuva data on asynkronista sarjaliikennettä, eli tieto liikkuu yhteen suuntaan kerrallaan. Kortin RS232C-liitin on 9-pinninen SUB D(koiras) ja kortin operatiivinen lämpötila on sama kuin muillakin S7-1200-järjestelmän osilla eli $0\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$. SM 1241-sarjaliikennekortti sisältää jo valmiiksi tarvittavat Modbus-ajurit. [19]



Kuva 8. PM 1207 -virtalähde

Järjestelmään valittiin myös stabiili virtalähde PM 1207 (kuva 8), joka syöttää jännitteen keskusyksikölle sekä lämpövastukselle. Virtalähde muuttaa sisään otettavan 230V/50 Hz yksivaiheisen vaihtojännitteen logiikan muille komponenteille sopivaksi 24 V tasajännitteeksi. PM 1207 -virtalähteen operatiivinen lämpötila on 0-55 °C. [20]



Kuva 9. Netcon MPM2 -modeemi

Netcon MPM2-kantataajuusmodeemi on suunniteltu kaukokäyttöjärjestelmien ja alasemien väliseen sarjaliikennekommunikointiin. Modeemin liikennöintinopeus on 300 baudia, kun käytetään V.21-standardia. MPM2 modeemi sisältää mikroprosessorin, johon on ohjelmoitu linjakättelytoimintoja sekä käsittelysignaalien ajastuksia. Modeemin

parametrit asetetaan kytkimillä sarjaliikenneportin vierestä. Modeemi liitetään alasemaan V.24/V.28-sarjaliikenneliitännän kautta.[12]

Modeemit kytkettiin Vantaan Energian asentajien toimesta lopputyössä muokattujen viestikaapelikuvien mukaisesti (liite 3 ja 4) viestikaapelipareihin 9 ja 10.

Mediamuuntimia käytettäessä voidaan viestikaapeliverkko korvata valokuidulla ilman, että S7-1200-järjestelmään tarvitsee tehdä muutoksia. Tämä oli tärkeä havainto, sillä Vantaan Energia tulevaisuudessa päivittää kuparisen viestiverkkonsa valokuituun.

6 Logiikkaohjelma

PROCOL RMT -ala-aseman ohjaukset oli toteutettu rele-ohjauksilla. RTM-ala-aseman sähkökuvia tulkitsemalla saatiin tietää tarvittavat I/O-tiedot sekä mittaukset logiikkaohjelmaa varten. Sähkökuvista pääteltiin venttiilikohtaisia lähtöjä olevan kolme, AUKI, KIINNI sekä SEIS. Analogisia mittauksia olivat venttiilien asennon mittaukset sekä kotelon lämpötilan mittaus. Paikalliskäyttöön liittyvät kytkimet käytiin tarkastamassa alaseimalta.

Logiikkaohjelman suunnitelma käytiin läpi käyttöinsinöörin kanssa, miltä pohjalta itse logiikkaohjelma rakentui. Kaukokäytön antamat venttiilien ohjauskäskyt toivat haasteita, sillä ohjaukset piti pystyä toteuttamaan joko sulkemalla venttiiliä 0-10 % tai avaamalla 0-10 %.

6.1 STEP 7 Basic V.11 ja TIA-portaali

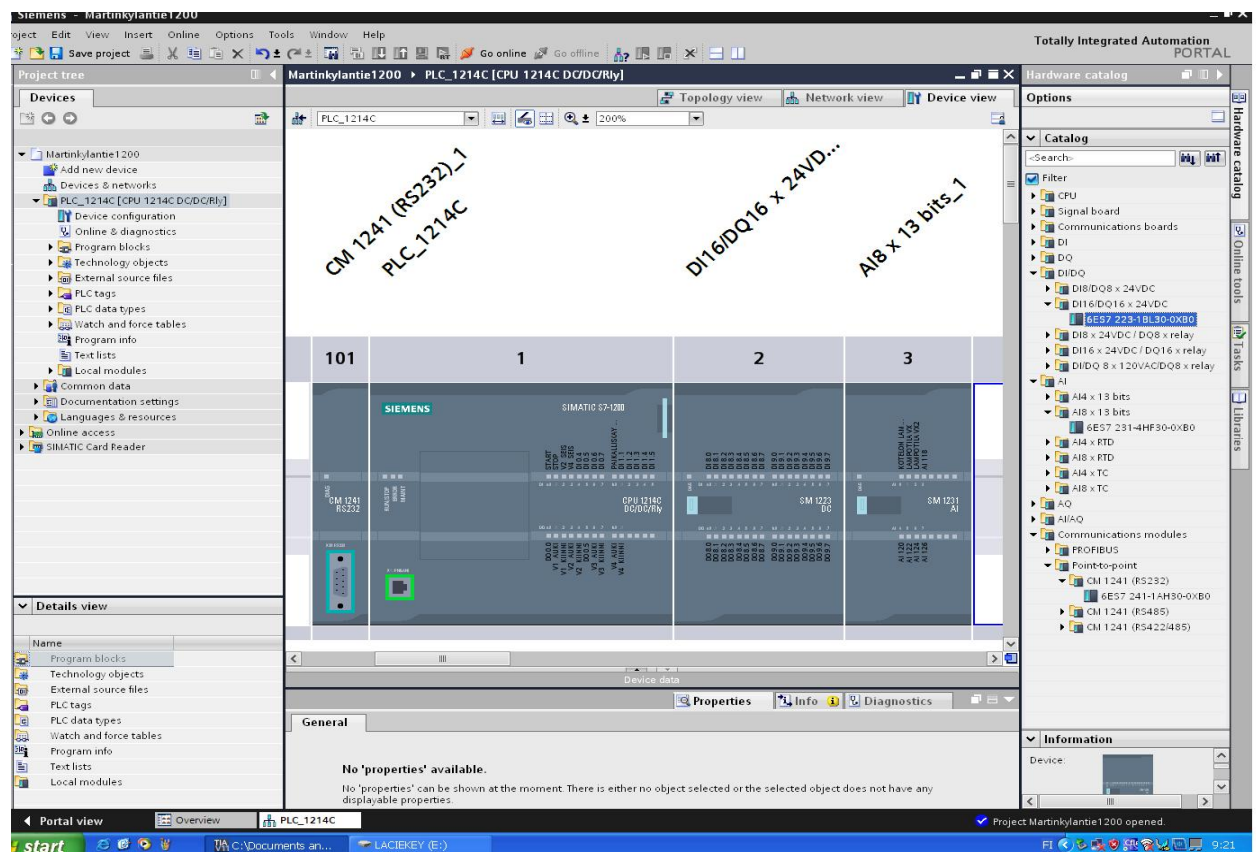
STEP7 Basic V.11 on osa Siemensin TIA-portaali ohjelmistokehystä. TIA-portaali toimii pohjana kaikkien ohjelmoitavien SIMATIC logiikoiden ohjelmoinnissa. Toimii hyvänä kokonaisuutena kohteissa, joissa on käytössä useita Siemensin logiikkatyyppejä.

STEP 7 Basic V.11 -ohjelmointityökalusta on tehty visuaalisempi ja yksinkertaisempi kuin vanha STEP 7 V5.5, jolla olisi projektissa tehty S7-300-ohjelmointi. Ohjelmointi on myös sujuvampaa, sillä ei tarvitse enää pitää auki useaa ohjelman ikkunaa samanaikaisesti, vaan nyt eri ikkunat on integroitu yhteen ja niiden paikkoja ja sisältöä voi vapaasti muokata.

6.2 Hardwaren luominen

STEP 7 Basic V.11 -työkalussa on parannettu hardware-konfiguraation tekemistä huomattavasti, sillä siitä on tehty visuaalisempi ja selkeämpi (kuva 10). Konfiguraatiota tehtäessä ohjelma ohjaa valittavat kortit oikeille paikoille, ja niistä voi hiirellä vetää tulot ja lähdöt suoraan ohjelmakoodiin. Tulojen ja lähtöjen symboliset nimet myös päivittyvät hardware-konfiguraatioon tulojen ja lähtöjen kohdille.

Ohjelman käynnistäessä valitaan uuden projektin aloittaminen ja ohjelma ohjaa suoraan hardware-konfiguraation tekemiseen. Hardware luodaan samantyyppisesti kuin vanhemmassa STEP 7 V5.5 -ohjelmassa, eli sivuikkunassa liikutaan halutun kortin tietojen perusteella ja lopuksi kortti tunnistetaan sen sarjanumeron perusteella (kuva 10). Viimeinen vaihe on kortin vetäminen ohjelman näyttämään kohtaan siten, että se samalla liittyy keskussyksikköön. I/O-kortit voidaan asettaa mihin tahansa järjestykseen, keskussyksikön oikealle puolelle, mutta keskussyksikkö ja sarjaliikennekortti pitää asettaa tiettyyn kohtaan kokoonpanoa, jossa ohjelma auttaa indikoimalla oikeat kokoonpanon kohdat.



Kuva 10. Hardware-konfiguraatio

Hardware-konfiguraatiossa on näkyvillä I/O-korttien yksittäisten tulojen ja lähtöjen informaatiot, jotka on luotu ohjelman muuttuja valikkoon, joita ohjelma myös päivittää aina kun niihin tehdään muutoksia. Muuttujavalikkoon määritellään kaikki ohjelman

muuttujat ja niiden tyypit. Tästä on hyötyä logiikan toiminnan seuraamisessa, kun logiikan I/O-paikkoja ja tilaa indikoivat ledit vilkkuvat.

6.3 Logiikkaohjelman luominen

Logiikkaohjelman luominen koostui seuraavista vaiheista:

- muuttujien luominen
- modbus-lohkojen luonti ja parametointi
- venttiilien toimilohkot
- analogiatietojen siirto oikeaan muistialueeseen.

Logiikkaohjelman muuttujat luotiin ohjelman tag-listaan (kuva 11). Muuttujien lisäämisen yhteydessä niille määriteltiin parametrit, kuten muuttujan tyyppi ja käytettävä I/O-piste tai muistialue. Ohjelmassa käsitellään muuttujia tageina, mitkä ovat symbolisia nimiä I/O:ille ja osoitteille. Muuttujat päivittyivät automaattisesti hardware-konfiguraatioon (kuva 10) niille osoitetuille paikoille.

Muuttujan käyttötarkoitus määrittelee sen, mitä parametreja muuttujalle annetaan. BOOL-muuttujat ovat yhden bitin kokoisia ja niiden tila on joko 1 tai 0. WORD-muuttujat ovat 16-bittisiä binääri-, hex-desimaali- tai desimaalilukuja. INT(integer)- ja DINT(double integer)-muuttujat ovat 16- ja 32-bittisiä desimaalilukuja, joiden arvot ovat väliltä -32768...32767 ja -2147483648...2147483647. REAL-muuttujat ovat 32-bittisiä floating-point lukuja joiden arvojen rajoina ovat +/- $3.4 \cdot 10^{38}$ ja +/- $1.175 \cdot 10^{-38}$. [25]

The screenshot shows the 'MAIN_tagit' variable declaration table in the SIMATIC Manager. The table lists 37 variables with their names, data types, addresses, and other properties. The 'Details view' on the left shows the 'MAIN_tagit' tag selected.

Name	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
1 MB_Slave_Error	Bool	%M2.0			
2 STOP	Bool	%I0.1			
3 START	Bool	%I0.0			
4 V1_AUKI	Bool	%Q0.1			
5 V1_KIINNI	Bool	%Q0.2			
6 V2_AUKI	Bool	%Q0.3			
7 V2_KIINNI	Bool	%Q0.4			
8 V2_SEIS	Bool	%I0.2			
9 V3_AUKI	Bool	%Q0.6			
10 V3_KIINNI	Bool	%Q0.7			
11 V4_AUKI	Bool	%Q1.0			
12 V4_KIINNI	Bool	%Q1.1			
13 V4_SEIS	Bool	%I0.3			
14 PAIKALLISKÄYTTÖ	Bool	%I1.0			
15 KOTELON LÄMPÖTILA	Word	%W112			
16 LÄMPÖTILA VX	Word	%W114			
17 LÄMPÖTILA VX2	Word	%W116			
18 COMM_LOAD_OK	Bool	%M3.0			
19 Aina 0	Bool	%M1.2			
20 Aina 1	Bool	%M1.1			
21 MBMaster luenut datan	Bool	%M2.1			
22 Data vastaanotettu	Bool	%M2.2			
23 Data lähetetty	Bool	%M2.3			
24 V2 ajoajan laskenta suoritettu	Bool	%M2.4			
25 V2 auki ajoaika	DInt	%MD6			
26 MB_Slave_Error_MSG	Word	%MW4			
27 AjomaaraREAL	Real	%MD12			
28 V2_A_K	Bool	%M0.0			
29 V2 auki enable	Bool	%M0.1			
30 V2 kiinni enable	Bool	%M0.2			
31 V2 kiinni ajoaika	DInt	%MD16			
32 MB_COMM_LOAD_Error	Bool	%M0.3			
33 COMM_LOAD_ERROR_MSG	Date	%MW10			
34 V2_SP	Real	%MD20			
35 V1 auki enable	Bool	%M0.4			
36 V1 kiinni enable	Bool	%M0.5			
37 V3 auki enable	Bool	%M0.6			

Kuva 11. Muuttujataulukko

Modbus RTU -protokolla ei tunne negatiivista etumerkkiä, joten venttiileiden saamat -10 – +10 % ohjausviestit tuli toteuttaa skaalaamalla ne välille 10 – 30. Skaalaus tapahtui Vantaan Energian kaukokäyttöjärjestelmässä.

Ohjattavia venttiileitä järjestelmässä oli neljä, venttiilit V1-V4 (liite 2). Venttiileiden V1-V3 asentoa ohjattiin kaukokäytön valvomosta portaittain, -10 % ja +10 % välillä, auki/kiinni tai kokonaan auki/kiinni. Venttiili V4 voitiin ohjata vain auki tai kiinni. Venttiilien ohjaukset tulivat blokkeihin FB1-4, kunkin venttiilin aliohjelmalla kutsuttiin OB1 -pääohjelmasta. Venttiileiden ohjauksien ohjelmoinnissa tuli erityisesti kiinnittää huomiota siihen että venttiilin ohjaus piti pystyä keskeyttämään milloin tahansa SEIS-komennolla eikä venttiileitä pitänyt pystyä ajamaan samanaikaisesti auki ja kiinni. Venttiilien ajaminen auki ja kiinni tuli lopettaa, kun venttiili saavuttaa momenttiarvonsa. Momenttiarvon saavuttamista indikoitiin boolean-muuttujalla, jonka arvon muuttuminen nolasta ykköseksi merkitsi sitä, että venttiilin ajaminen tuli lopettaa. Venttiileitä ei

myöskään pitänyt pystyä ajamaa silloin, kun ala-aseman paikalliskäyttö-kytkin on asetettu päälle.

Analogiatietoja ohjelmaan tuli lämpötilamittauksista sekä venttiilien asentotiedoista. Logiikkaohjelmassa analogiatiedot pystyttiin siirtämään suoraan Modbus-isäntälaitteen lukemalle muistialueelle, sillä niiden skaalaus toteutetaan vasta kaukokäytön päässä. Analogiatietojen siirtoon käytetään MOVE-operaatiota, jolla ne voidaan joko siirtää yksitellen tai ryhmässä. Tässä tapauksessa MOVE-operaatiolla analogiatiedot siirretään MB_SLAVE-lohkossa määritettyyn muistialueeseen, josta ne ovat isäntälaitteen luettavissa.

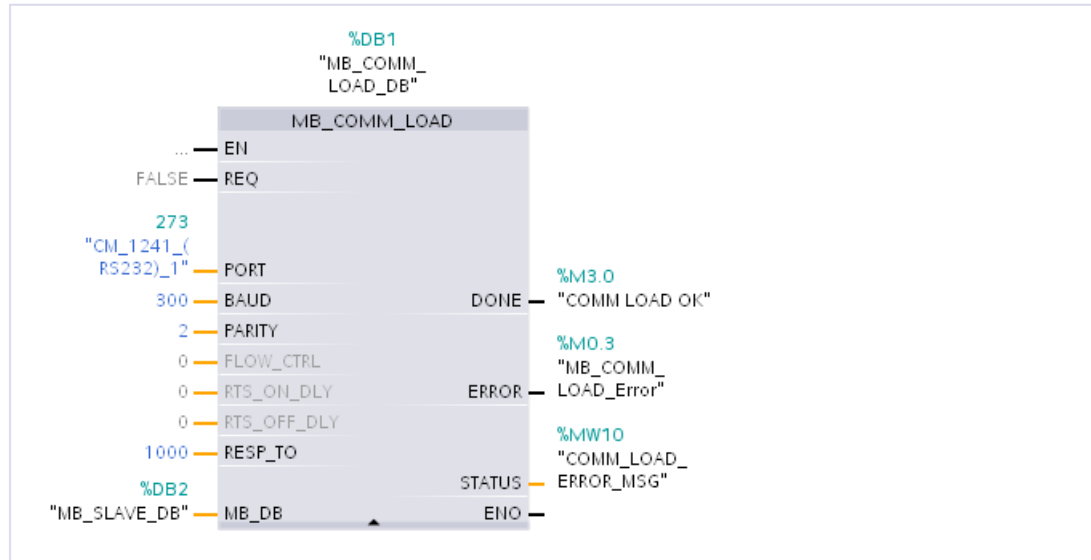
6.3 Modbus RTU-toimilohkot ja parametointi

Modbus-toimilohkojen tarkoituksena on aktivoida logiikan käyttöön Modbus-protokolla, osoittaa logikalle kommunikointiportti sekä määrittää protokollan käyttämä muistialue. Ilman oikeiden parametrien asettamista ei Modbus-liikennöinti toimi oikein.

MB_COMM_LOAD-lohko (kuva 12) asettaa käytettäväksi protokollaksi Modbus RTU:n ja määrittää sen käyttöön portin. Portiksi asetettiin CM 1241-kortin RS232C-portti. Ohjelman pitää lukea MB_COMM_LOAD-lohko vain kerran, mutta sen pitää tapahtua ohjelman käynnistyessä. Tätä varten ohjelmaan tehtiin OB100(Startup)-blokki, joka ajetaan vain kerran ohjelman käynnistyessä, johon MB_COMM_LOAD-lohko asetettiin.

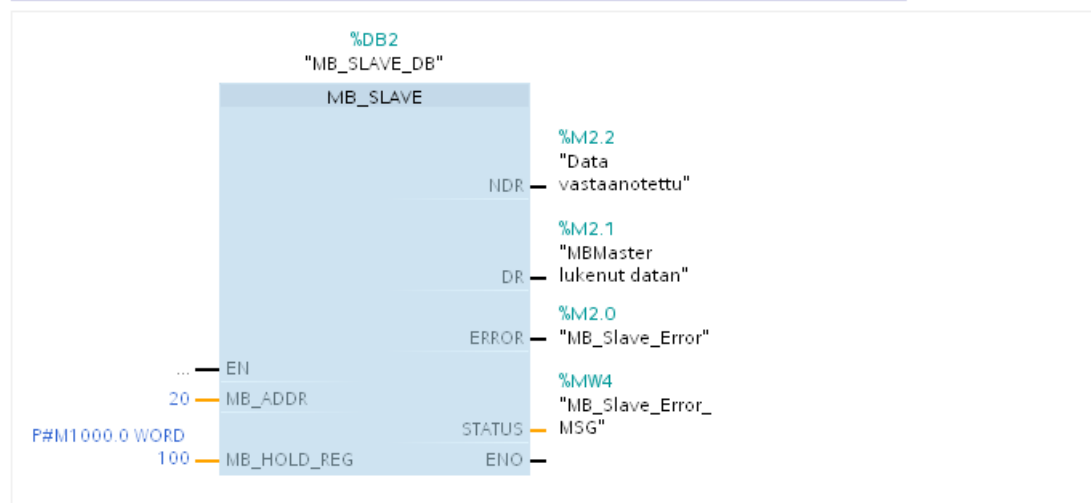
Koska Modbus-väylän testaus ei ollut mahdollista ajankäytöllisistä syistä, Modbus väylän parametrit jäivät teoreettisiksi. MB_COMM_LOAD-lohkoon määritettiin väylän käyttämä tiedonsiirtonopeus, joka rajoittui 300 baudiin (bittä/sekunti), kun käytetään V.21-modeemia. Pariteetin (kuva 12, kohta PARITY) tulee olla kaikilla Modbus-väylän laitteilla sama, koska pariteettia käytetään tarkistamaan väylällä liikkuvan informaation oikeellisuus. RESP_TO-parametri on aika millisekunteinä, jona Modbus orjalaitteen tulee vastata isäntälaitteen kyselyyn. Jos vastausta ei tapahdu aikamääreen sisällä, kysyy isäntälaitte uudestaan. MB_DB-kohtaan laitettiin MB_SLAVE_DB, joka on MB_SLAVE lohkon (kuva 13) tietopankki. Tämä toimii linkkinä MB_SLAVE-lohkon kirjoittamiin ohjelmatietoihin. DONE, ERROR ja STATUS ovat mahdollisten virheiden havaitsemiseen ja tunnistamiseen tarkoitettuja MB_COMM_LOAD lohkon antamia parametreja. DONE

-kohtaan tulee 1, kun lohko on ajettu onnistuneesti. Vastaavasti ERROR-kohtaan tulee 1 jos MB_COMM_LOAD-lohko epäonnistuu toiminnassaan, jolloin kohtaan STATUS tulee vikakoodi WORD-muodossa.[8, 9]



▼ "CM_1241_(RS232)_1"	273	
"COMM LOAD OK"	%M3.0	
"MB_COMM_LOAD_Error"	%M0.3	
"COMM_LOAD_ERROR_MSG"	%MW10	

Kuva 12. MB_COMM_LOAD-lohko



▼ "Data vastaanotettu"	%M2.2	
"MBMaster lukenut datan"	%M2.1	
"MB_Slave_Error"	%M2.0	MB_Slave virhe
"MB_Slave_Error_MSG"	%MW4	MB_Slave error message

Kuva 13. Modbus SLAVE lohko

MB_SLAVE-lohkossa (kuva 13) määritellään orjalaitteen osoite sekä muistialue, mitä käytetään. Orjalaitteen osoitteeksi (MB_ADDR) määritettiin 20 ja muistialue (MB_HOLD_REG) määritettiin alkavaksi MW1000.0:sta ja jatkuvan siitä 100 sanaa eteenpäin. Virheindikaatit saadaan samaan tapaan kuin MB_COMM_LOAD-lohkossa. MB_SLAVE-lohko pitää lukea jokaisella ohjelmakierrolla, joten se sijoitettiin suoraan pääohjelmaan, OB(01) blokkiin.

7 Yhteenveto

Ala-asemien vanhentuminen tuo uusia kunnossapito haasteita isoissa yhtiöissä, missä ala-asemia on paljon. Niiden uusimiseen tarvitaan jatkuvasti uusia kustannustehokkaita ratkaisuja.

Ala-aseman ohjaamat venttiilit ovat tärkeä osa lämmönjakelua, ja niitä ohjaavan järjestelmän pitää olla luotettava. Ala-asemien tarkoituksena on ohjata kaukolämpöä kuluttajille, joten kuluttajien määrän kasvaessa tarvitaan myös ala-asemien järjestelmiltä mahdollista laajentua.

Insinööriyössä suunniteltiin PROCOL RMT -ala-aseman uusiminen, ja tähän sopiva tiedonsiirtoprotokolla määriteltiin parametreihin asti. Alustavasti tiedonsiirtoprotokolla piti myös testata, mutta se jouduttiin rajaamaan pois ajankäytöllisistä syistä.

Ala-aseman logiikaksi valittiin modulaarinen S7-1200-logiikka ja siihen tarvittava määrä lisäkortteja. S7-1200 oli huomattavasti kustannustehokkaampi kuin vastaava kokoonpano S7-300, joka olisi ollut turhan tehokas vaihtoehto ala-aseman tyyppiseen prosessiin. S7-300-logiikan kustannukset muodostuivat S7-1200-järjestelmää huomattavasti kalliimmista komponenteista sekä Modbus RTU -ajureiden asennuksen vaatimasta sovitimesta. S7-1200-ala-asema suunniteltiin siten, ettei se jää turhaksi, kun Vantaan Energia päivittää viestiverkkoaan valokuituun tai jos ala-asemaa joudutaan laajentamaan. S7-1200-järjestelmän liittyminen valokuituverkkoon voidaan toteuttaa mediamuuntimilla.

Ala-aseman logiikkakokoonpano tuli kyseiselle ala-asemalle hieman ylimitoitetuksi, mutta koska Vantaan Energia tulee monistamaan kokoonpanoa uusiessaan muutkin RMT-ala-asemat, niin piti varmistua, että logiikka on tarpeeksi tehokas hieman vaativampiin kokonaisuuksiin. Ala-aseman monistaminen vähentää myös varaosakustannuksia, sillä ei tarvita enää niin laajaa kirjoa varaosia.

Ala-aseman logiikkakokoonpanosta laadittiin työpiirustukset, joiden pohjalta Vantaan Energia suorittaa logiikan ja modeemien asennukset. Asennukset suoritetaan kesällä 2012.

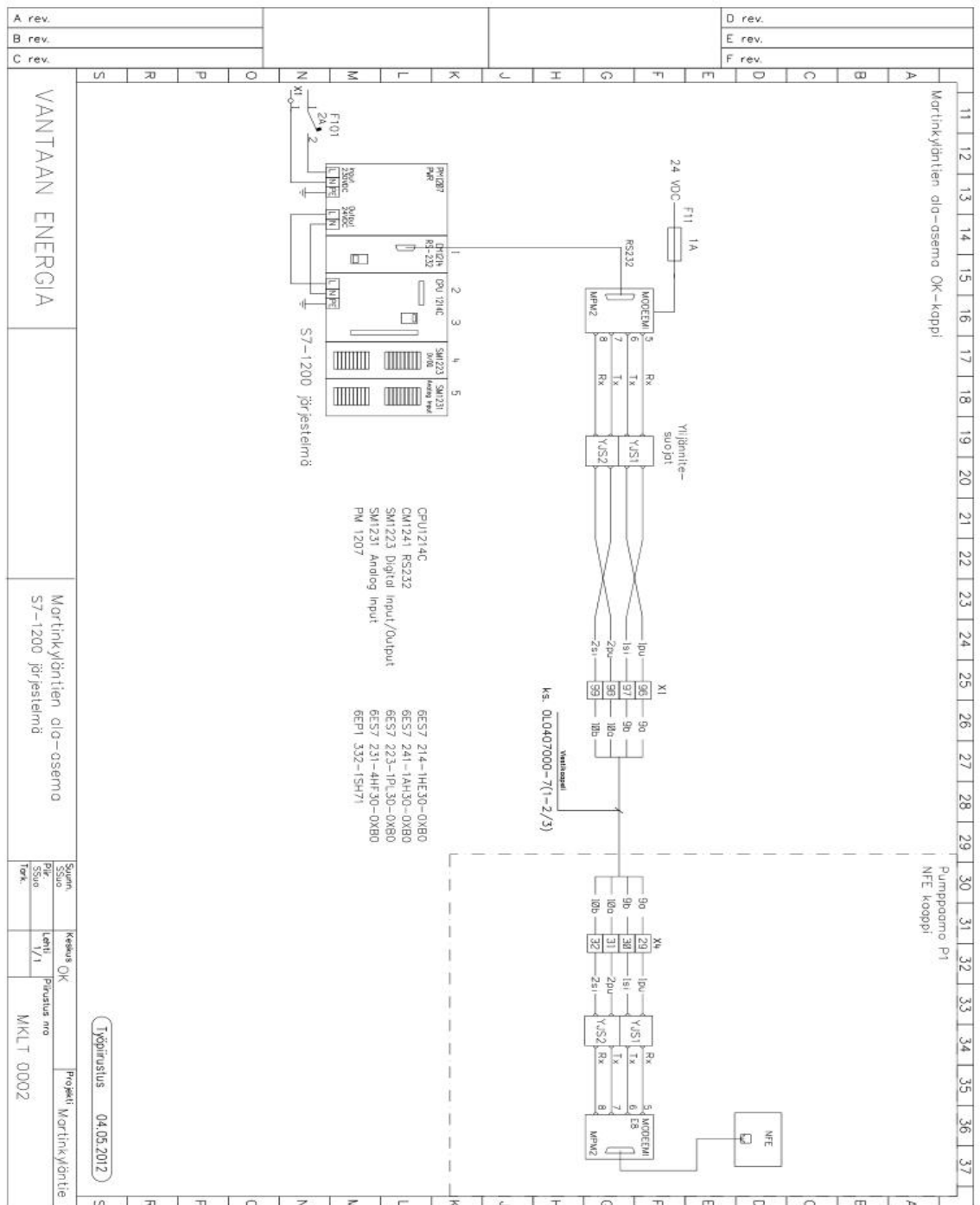
Tiedonsiirtoprotokollaksi valittiin sarjaliikenneprotokolla Modbus RTU, koska se oli valmiiksi käytössä Vantaan Energialla ja sieltä löytyi jo ennestään kokemusta kyseisestä protokollasta. Modbus RTU oli kustannustehokkain vaihtoehto, sillä sen käyttäminen ei vaatinut mitään lisähankintoja. IP-pohjaiset ratkaisut hylättiin niistä aiheutuvien lisäkustannusten takia, joista suurin osa olisi aiheutunut tietoturvallisuuden varmistamisesta.

Logiikkaohjelman suunnitelma käytiin läpi Vantaan Energian käyttöinsinöörin kanssa, minkä perusteella tehtiin logiikkaohjelman vaatimusmäärittely. Modbus RTU-toimilohkot tehtiin valmiiksi ja toteutettiin venttiiliohjaukset ohjelmistoon. Testaaminen jätettiin pois, sillä se olisi ollut mahdollista vasta myöhempanä ajankohtana, mikä olisi aiheuttanut opinnäytetyön viivästymisen. Testaus tullaan suorittamaan Vantaan Energian toimesta kesällä 2012.

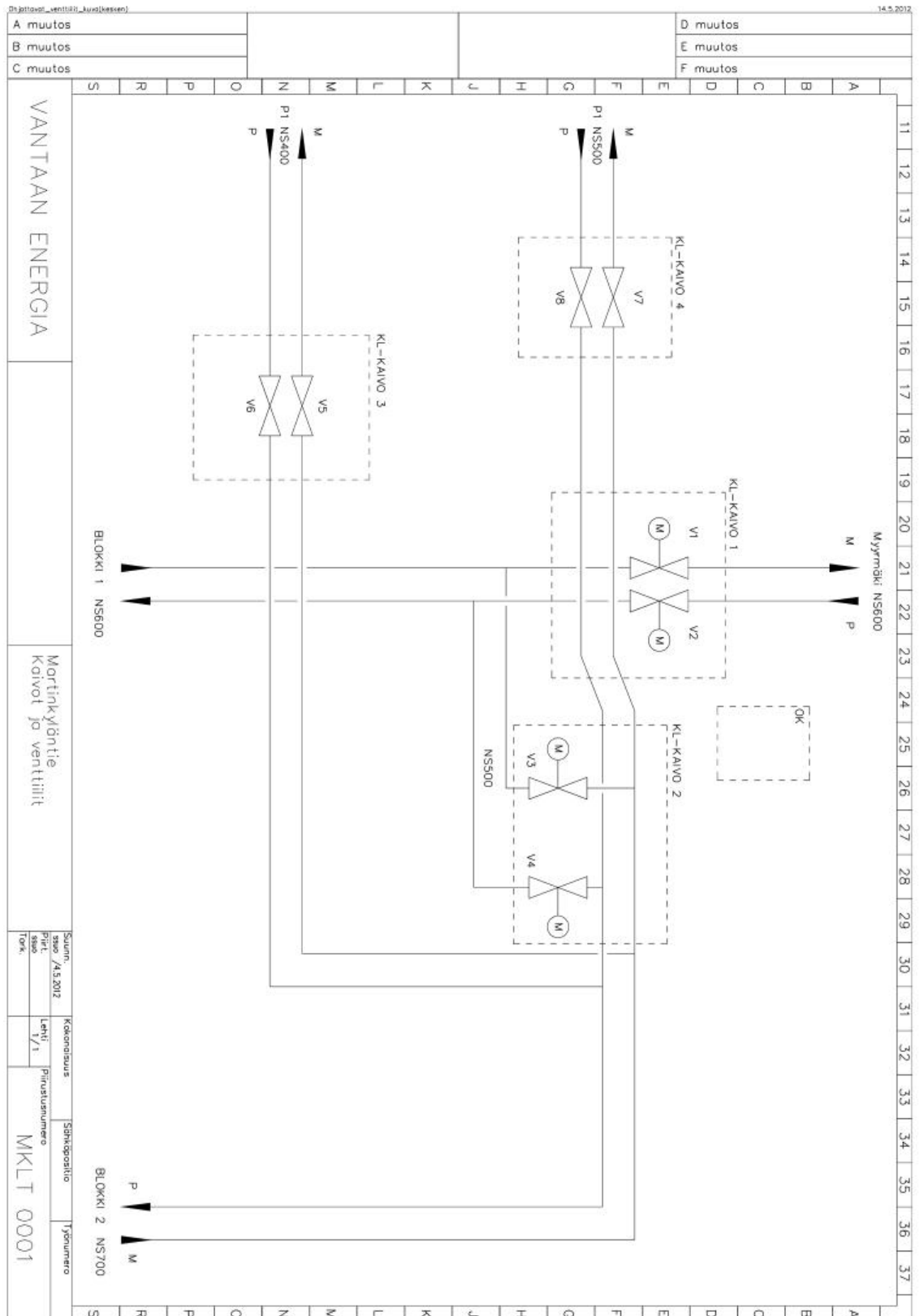
Modbus RTU-protokollan soveltuvuus ala-asemaprojektiin on toimiva, mutta laajempi tutkimus sopivan protokollan löytämiseksi ala-asemakommunikointiin olisi paikallaan. Varsinkin kun Vantaan Energia siirtyy valokuituun viestiverkossaan, olisi käytännöllisempää siirtyä vaikka "point to point" -protokollaan, sillä viestikaapeleiden rajallinen määrä ei enää tulisi esteeksi. Viestiverkon nopeuden kasvaessa tulisi uudelleen harkita IP:hen pohjautuvia tiedonsiirtoprotokollia. Protokollan jälkeinpäin vaihtaminen ei aiheuta ala-aseman toimintaan suuria muutoksia, muita kuin protokollan käyttöönoton logiikkaohjelmassa sekä modeemien vaihdon. S7-1200-logiikka sisältää jo Ethernet-liittimen.

Opinnäytetyössä toteutettu työ oli automaatioinsinöörin todellisia töitä vastaava ja antoi hyvän kuvan pienen prosessin uusimiseen tarvittavista resursseista sekä siitä, miten projekti etenee suunnittelusta käyttöönottoon. Opinnäytetyön tuloksena saatiin suunniteltua toimiva ala-asemakokonaisuus dokumentteineen, johon Vantaan Energia on tyytyväinen.

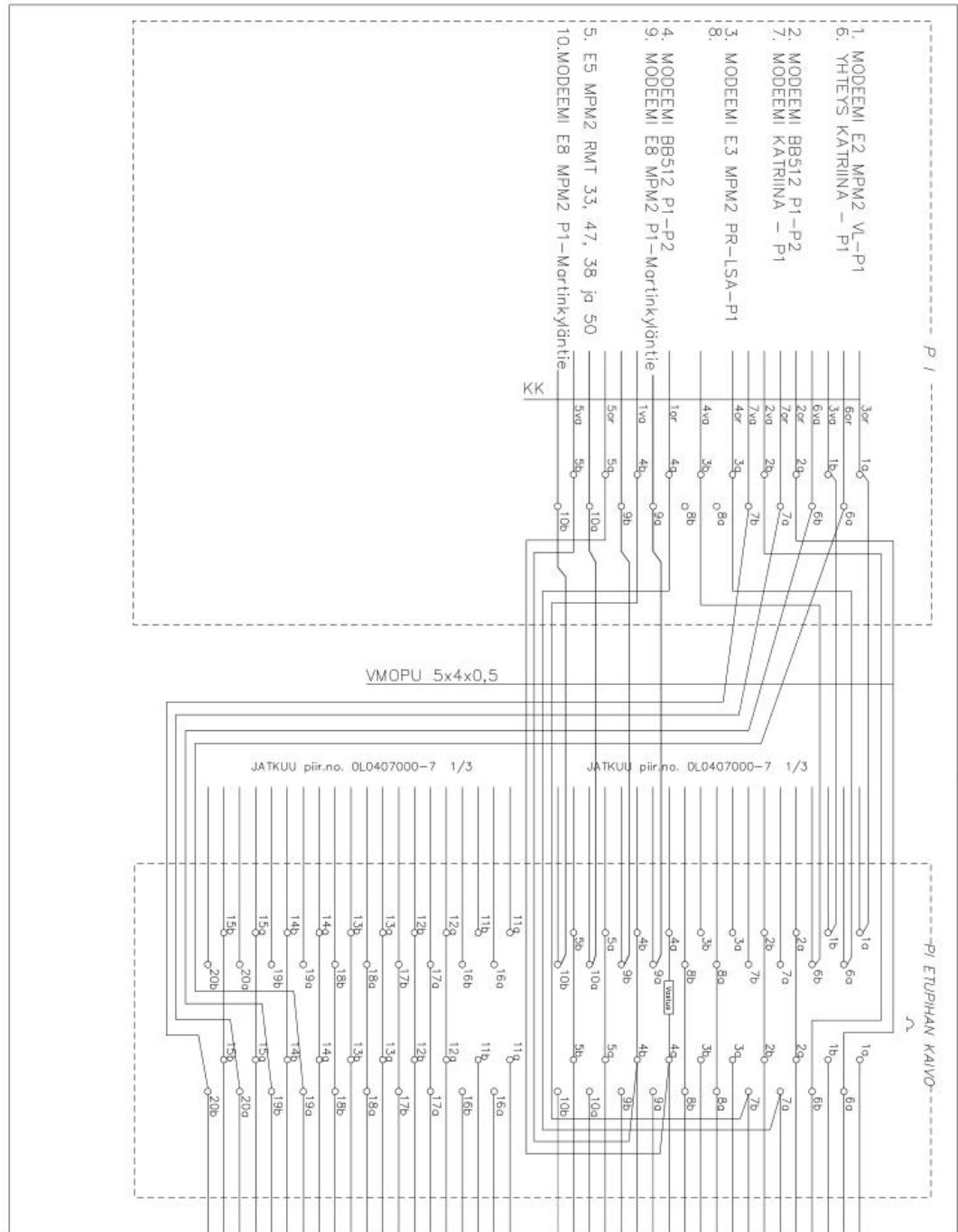
Liitteet



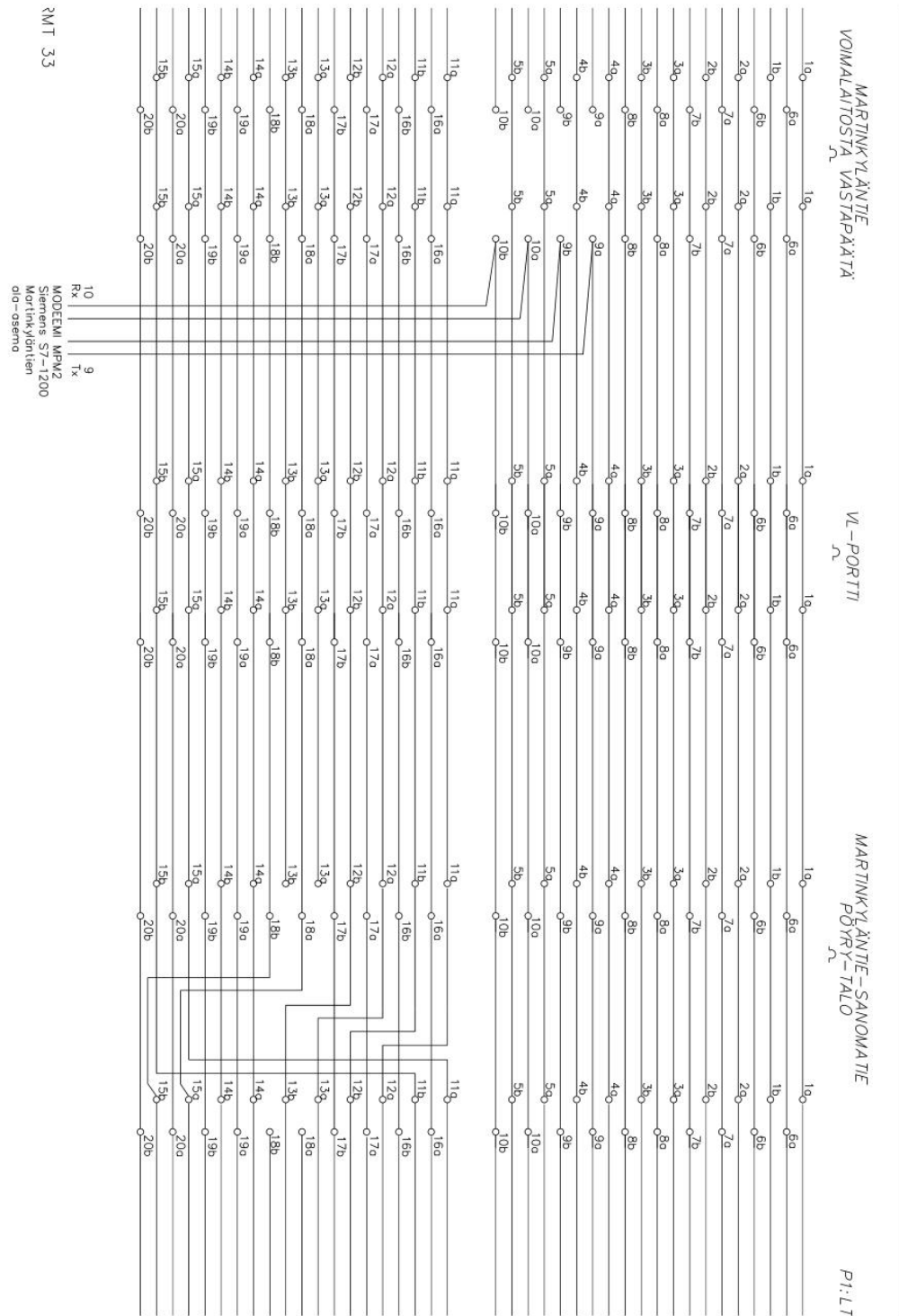
Liite 1. Martinkyläntien ala-aseman S7-1200-järjestelmä ja sen liittyminen Pumppaamo 1. NFE4:ään.



Liite 2. Martinkyläntien ala-aseman ohjaamat venttiilit



Liite 3. Viestikaapelin kytkentä, Pumppaamo 1.



Liite 4. Viestikaapelin kytkentä, Martinkyläntien modeemi.

Lähteet

1. Tietoa konsernista
<http://www.vantaanenergia.fi/FI/TIETOAKONSERNISTA/Sivut/default.aspx> Luettu 8.5.2012
2. Historia
<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/tietoakonsernista/Sivut/Historia.aspx> Luettu 8.5.2012
3. Historia
<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/tietoakonsernista/Sivut/video.aspx> Luettu 8.5.2012
4. Tuotantolaitokset ja verkostot
<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/tietoakonsernista/Sivut/Tuotantolaitoksetjaverkostot.aspx> Luettu 8.5.2012
5. Päästöt
<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/jatevoimalahanke/Sivut/paastot.aspx> Luettu 8.5.2012
6. Kaukolämpö <http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate> Luettu 8.5.2012
7. Kaukolämpö <http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys> Luettu 8.5.2012
8. T10754-OP-E-1 NetconMPM2 Installation and Operation.pdf
9. TIA Portal Information System (Ohjelmointityökalun HELP ohjelma) MODBUS (S7-1200)
10. IEC101 <http://www.ipcomm.de/protocol/IEC101/en/sheet.html#REF1> Luettu 22.5.2012
11. Mediamuuntimet
<http://www.netcontrol.fi/fin/tuotteet/tietoliikenne/mediamuuntimet/netcon-report/> Luettu 22.5.2012
12. MPM2 http://www.netcontrol.fi/index.php/download_file/view/231/700/ Luettu 22.5.2012
13. Modbus RTU <http://www.rtaautomation.com/modbusrtu/> Luettu 22.5.2012
14. Modbus <http://www.modbus.org/faq.php> Luettu 22.5.2012

15. PLC <http://www.plctutor.com/PLC-history.html> sekä <http://www.plctutor.com/>
Luettu 22.5.2012
16. S7 1200 CPU <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/34143577>
Luettu 22.5.2012
17. SM 1223 <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/34143632>
Luettu 22.5.2012
18. SM 1231 <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/39651322>
Luettu 22.5.2012
19. CM 1241 <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/34143657>
Luettu 22.5.2012
20. PM1207 <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/54091114> Luettu
22.5.2012
21. S7 300
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_300.php Luettu
19.5.2012
22. S7 1200
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_1200.htm Luettu
23.5.2012
23. SIMATIC S7-1200 Programmable controller
<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/36932465> Luettu
23.5.2012
24. PROCOL240 järjestelmä manuaali, SLOCON Oy
25. "Programming with STEP7" -manuaali
<http://www.fieldbus.ir/technical%20paper/S7prV53.pdf> Luettu 24.5.2012